



**УДК: 631.41: 528.94: 51-71**

**Безніцька Н. В., аспірант, асистент кафедри ГТС,  
водопостачання і ГІС-технологій (Херсонський державний  
аграрний університет)**

## **МОДЕЛЮВАННЯ ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗЕМЕЛЬ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ**

Порівняльна оцінка якості ґрунтів, їх потенційної родючості та ефективності виробництва виражається в балах бонітету. Бонітування кількісно виражає властивості ґрунту, цінність для росту і розвитку рослин. Результати бонітування використовують при плануванні господарської діяльності, щоб визначити та максимально ефективно використати потенціал ґрунту і зменшити антропогенне навантаження на нього. Бонітування ґрунтів є логічним продовженням комплексних обстежень земель і обґрунтування їх економічної оцінки. В статті представлені результати моделювання та бонітування ґрунтово-кліматичного потенціалу сільськогосподарських земель Херсонської області із застосування методики бонітування зональних ґрунтів та ГІС-технологій. Створена просторова модель бонітету кліматичного потенціалу області на основі просторово-розподілених значень суми активних температур вище 10°С, коефіцієнта зволоження, показника континентальності клімату. Визначено неоднорідність просторового розподілу комплексного коефіцієнта агрохімічного потенціалу сільськогосподарських земель області за вмістом гумусу, нітрифікаційного азоту, рухомого фосфору та обмінного калію. Бал бонітету сільськогосподарських земель для вирощування зернових культур без зрошення знаходиться в межах 5,5-34,2 бали. Одиниця балу прирівняна до одиниці потенційного урожаю зернових культур (ц/га). За допомогою представленого підходу можна розрахувати бали бонітету для будь-якого ґрунтового різновиду, їх агрохімічних властивостей, кліматичних умов та площі території, при цьому отримана шкала балів буде єдиною для зональних ґрунтів і забезпечить можливість визначення потенціалу агровиробництва країни.

**Ключові слова:** клімат, ґрунти, агрохімічні властивості, потенціал, бонітування, просторове моделювання, ГІС-технології.

Наприкінці ХХ ст. антропогенне навантаження на природне се-

редовище перевищило потенціал його стійкого розвитку, виникла глобальна екологічна криза. Для її подолання необхідно впроваджувати територіальний менеджмент, який, у свою чергу, складається з комплексної оцінки території та плану заходів, спрямованих на відновлення природного балансу. Деградація і порушення сільськогосподарських земель відображається, перш за все, на родючості і продуктивності ґрунтів. Необхідність урахування цього чинника при визначенні потенціалу земель сільськогосподарського призначення обумовлена тим, що від їх якості залежить врожайність вирощуваних культур і в цілому ефективність галузі рослинництва.

Однією з найважливіших складових оцінки земель є бонітування ґрунтів, воно відіграє важливу роль в організаційних роботах щодо раціонального використання сільськогосподарських площ.

Бонітування ґрунтів – порівняльна оцінка якості ґрунтів, їх потенційної родючості та ефективності виробництва. Бонітування кількісно виражає властивості ґрунту, цінність для росту і розвитку рослин. Результати бонітування використовують при плануванні господарської діяльності, щоб визначити та максимально ефективно використати потенціал ґрунту і зменшити антропогенне навантаження на нього. Бонітування ґрунтів є логічним продовженням комплексних обстежень земель і обґрунтування їх економічної оцінки.

Основними факторами, що визначають вартість і потенціал земельної ділянки сільськогосподарського призначення, є клімат і ґрунтова родючість, яка в більшій мірі визначається їх агрохімічними властивостями. Аналіз динаміки агрохімічних параметрів в просторі і часі можна розглядати як одну з найважливіших і об'єктивних процедур визначення ефективності систем землеробства, особливо в його ґрунтозахисному аспекті [1]. Запаси поживних речовин і їх доступність рослинам, а також запаси продуктивної вологи знаходяться в тісній залежності від природно-кліматичних умов агроландшафтів (особливостей рельєфу, ґрунтоутворюючих порід, клімату, гідрогеологічних умов і т.д.) і застосовуваної системи землеробства, що в підсумку визначає величину і якість врожаю сільськогосподарських культур [2; 3]. Для підвищення ефективності ведення сільськогосподарської діяльності та здійснення об'єктивної оцінки потенціалу сільськогосподарських земель, необхідним є створення тематичних карт ґрунтово-кліматичного бонітету земель, здійснення аналізу просторово-часової трансформації угідь для обґрунтування раціональних заходів щодо проведення меліоративних та культурно-технічних заходів.

Медведев В.В. [3] відзначав, що бонітування потрібно розглядати як єдину систему «ґрунт – клімат – поле». В рамках запропонова-

ної концепції оцінюється не тільки ґрунт, але і нерозривно пов'язані з ним компоненти, принаймні клімат і поле, що, на думку автора, робить оцінку ґрунтів більш об'єктивною і розширює її прикладні аспекти. У Каліфорнійській методиці бонітування, розробленій Сторі Р.І. [4], особливу увагу приділяють рельєфу як регулюючому фактору можливості використання землі, та визначення її продуктивності. Перевага методики Сторі полягає в тому, що на основі ухилу рельєфу враховується можливий розвиток ерозії схилів, при цьому вона запобігає отриманню завищених результатів бонітування і більш об'єктивно враховує внесок кожного фактора в загальний бал бонітету. Карманов І.І. [5] розглядав бонітування як кількісну оцінку родючості земель для обробітку тих чи інших сільськогосподарських культур. Критеріями оцінки родючості земель обрано фактори, що об'єднані в три основні групи: природні, економічні та науково-організаційні. Бонітування проводиться з урахуванням загальних зв'язків між ґрунтово-кліматичними умовами і врожайністю культур при різних умовах інтенсивності землеробства. Методика Карманова є адаптованою на практиці, для створення єдиних порівнянних шкал оцінки родючості ґрунтів на міждержавному рівні.

*Мета роботи* – моделювання та бонітування ґрунтово-кліматичного потенціалу сільськогосподарських земель Херсонської області із застосуванням методики бонітування зональних ґрунтів та ГІС-технологій.

**Матеріали і методи досліджень.** Ґрунтово-кліматичний потенціал сільськогосподарських земель Херсонської області визначений залежно від кліматичних умов, цінності агрогруп для агровиробництва та їх агрохімічним станом. Для дослідження просторової неоднорідності кліматичних умов території області використані дані глобальних кліматичних растрів WorldClim (<http://worldclim.org>) та Херсонського гідрометеорологічного центру. Агрохімічний стан сільськогосподарських земель визначений за даними 296 стаціонарів Х туру (2008-2012 рр.) обстежень Херсонської філії державної установи «Інститут охорони ґрунтів України». Стаціонари розташовані в межах семи природно-сільськогосподарських районів. Оцінка агрохімічного стану ґрунтів проведено для шару 0...40 і включають такі показники: вміст гумусу (%), нітрифікаційного азоту (мг/кг), рухомого фосфору (мг/кг), обмінного калію (мг/кг).

Оцінка ґрунтово-кліматичного потенціалу проведена із застосуванням методики бонітування зональних ґрунтів І.І. Карманова [5] без зрошення. Суть бонітування за І.І. Кармановим полягає у визначенні сільськогосподарської продуктивності клімату для конкретної

культури на конкретному типі ґрунту.

Бонітет клімату визначається наступним чином:

$$B_{кл} = \frac{\sum t^o \geq 10^o \times KЗ}{KK + 100},$$

де  $\sum t^o \geq 10^o$  – середньорічна сума температури вище  $10^o$  C;

$KЗ$  – середньорічний коефіцієнт зволоження за Івановим;

$KK$  – коефіцієнт континентальності за Івановим.

Величина коефіцієнта континентальності клімату ( $KK$ ) розраховується за формулою

$$KK = \frac{360(t_{\max}^o - t_{\min}^o)}{\varphi + 10},$$

де  $t_{\max}^o$  – середньомісячна температура найтеплішого місяця;  $t_{\min}^o$  – середньомісячна температура найхолоднішого місяця;  $\varphi$  – широта місцевості.

Коефіцієнт зволоження ( $KЗ$ ) розраховується за формулою

$$KЗ = P / E,$$

де  $P$  – середньорічна кількість атмосферних опадів, мм;  $E$  – середньорічна випаровуваність, г/см<sup>2</sup>.

В дослідженнях здійснено розрахунок балів бонітету із врахуванням додаткових складових агрохімічних властивостей ґрунтів (гумус, нітрифікаційний азот, обмінний калій, рухомий фосфор) для вирощування групи зернових культур, які займають найбільшу площу сільськогосподарських угідь в області, розрахунок проведено із використання ґрунтово-кліматичної формули:

$$B = 8,2 \cdot V \cdot K_{\kappa} \cdot \frac{\sum t^o \geq 10^o \cdot KЗ}{KK + 70},$$

де  $V$  – растр вагових коефіцієнтів агрогруп за методом Карманова І.І.;

$K_{\kappa}$  – растр комплексного коефіцієнта агрохімічних властивостей ґрунту;

$\sum t^o \geq 10^o$  – растр суми середньорічної суми активних температур  $\geq 10^o$  C;

$KЗ$  – растр коефіцієнта зволоження за М.М. Івановим;

$KK$  – растр коефіцієнта континентальності.

Просторове моделювання здійснено за допомогою геостатистичного методу радіально-базисної функції та картографічної алгебри ліцензійної програми ArcGIS.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Біокліматичний потенціал сільськогосподарського виробництва в Херсонській області в значній мірі пов'язана не тільки з сонячною радіацією, але і з біохімічною акумуляцією і міграцією речовин в ґрунті, які особливо проявляються в безморозний період із температурою повітря вище  $10^{\circ}\text{C}$ . Сума середньорічної суми активних температури вище  $10^{\circ}\text{C}$  за останні 27 років (1990-2016 рр.) збільшується із півдня на північ Херсонської області від  $3630^{\circ}\text{C}$  до  $2970^{\circ}\text{C}$  (рис. 1, а). Коефіцієнт зволоження (КЗ), розрахований за методикою М.М. Іванова, характеризує відношення річної кількості опадів до річної величини випаровуваності для відповідного ландшафту та є показником співвідношення тепла і вологи, виділяє зони забезпечення рослин вологою. Для території Херсонської області значення КЗ забезпечено в північному напрямку від 0,35 до 0,42 (рис. 1, б) і належить до зон з дуже посушливими та посушливими кліматичними умовами.

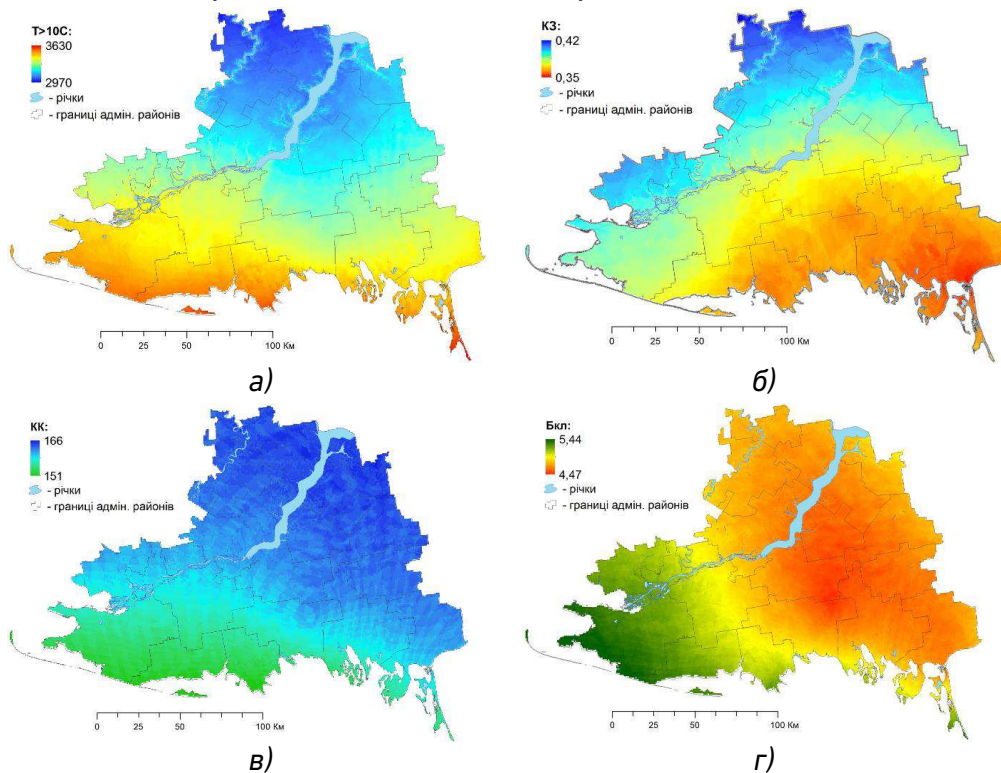


Рис. 1. Розподіл кліматичних умов на території Херсонської області:  
а) середньорічна сума активних температури вище  $10^{\circ}\text{C}$ ; б) значення коефіцієнта зволоження; в) значення континентальності клімату; г) бонітет кліматичного потенціалу (Бкл)

Зворотній процес спостерігається для показника континентальності клімату (КК), який при високих значеннях характеризується

високою амплітудою температури повітря, малою сумою опадів і слабкими вітрами. На території області значення КК варіює в межах 151-166 (рис. 1, в). В результаті використання растрового калькулятора була створена растрова модель бонітету кліматичного потенціалу (1 г). Отримана просторова модель є однією із важливих складових ґрунтово-кліматичного бонітування території.

До балу  $B_{кл}$  вводяться додаткові множники залежно від типу ґрунту, його агрохімічних властивостей і виду сільськогосподарської культури, в нашому випадку для зернових культур. Для цього на першому етапі була створена векторна модель розподілу основних агрогруп на території сільськогосподарських земель Херсонської області (рис. 2). Основними типами ґрунтів Херсонської області є чорноземи південні, які займають 43,7% від усієї площі сільськогосподарських земель і темно-каштанові ґрунти – 30,7% [6].

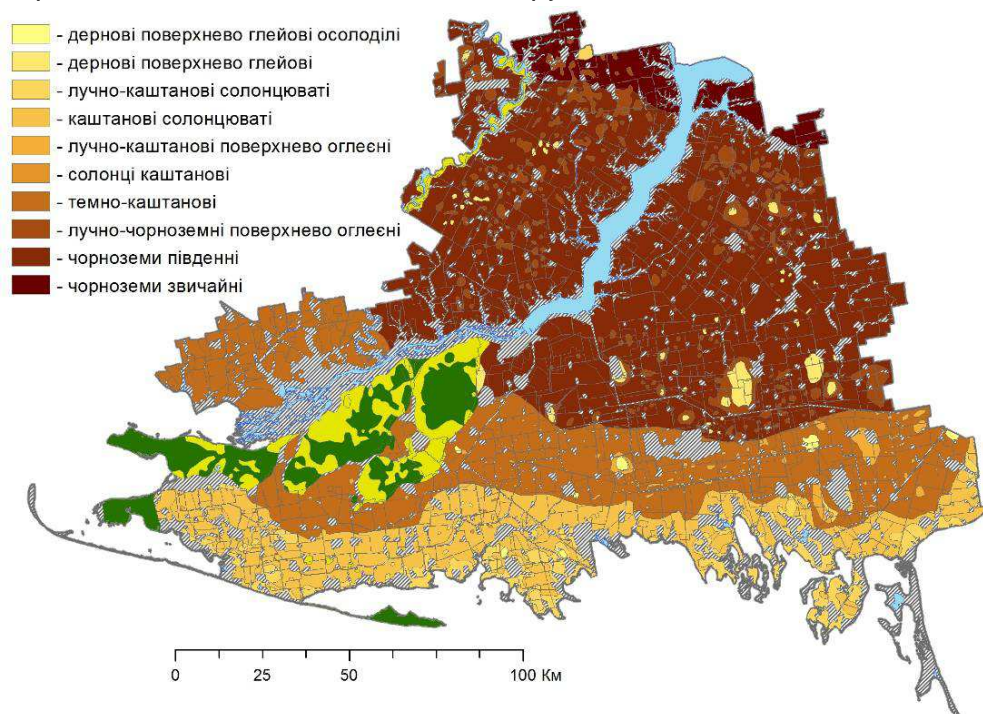


Рис. 2. Основні типи ґрунтів Херсонської області

За методикою Карманова І.І. кожній агрогрупі уточнено і присвоєно ваговий коефіцієнт сільськогосподарської цінності ґрунтів, який варіює від 0,58 (в границях дерново-пісчаних) до 0,96 (чорноземи звичайні). Отриманий растр (рис. 3) розподілу коефіцієнтів забезпечує можливість уточнити бал бонітету різновиду ґрунтів у відношенні до продуктивності вирощування сільськогосподарських культур.



Для кожного агрохімічного показнику (гумус, нітрифікаційний азот, обмінний калій і рухомий фосфор) [7; 8] також було проведено перетворення їх натуральних показників у коефіцієнти, для цього растр окремих показників було поділено на максимальне або еталонне його значення (рис. 4, а-г). Після чого було створено растрову модель розподілу комплексного коефіцієнта ( $K_K$ ) потенціалу земель для сільськогосподарського виробництва за агрохімічними властивостями ґрунтів. Для цього було використано формулу

$$K_K = \frac{K_H + K_N + K_P + K_K}{4},$$

де  $K_H$  – растр поправочного коефіцієнта (гумус);  $K_N$  – растр поправочного коефіцієнта (нітрифікаційний азот);  $K_P$  – растр поправочного коефіцієнта (рухомий фосфор);  $K_K$  – растр поправочного коефіцієнта (обмінний калій).

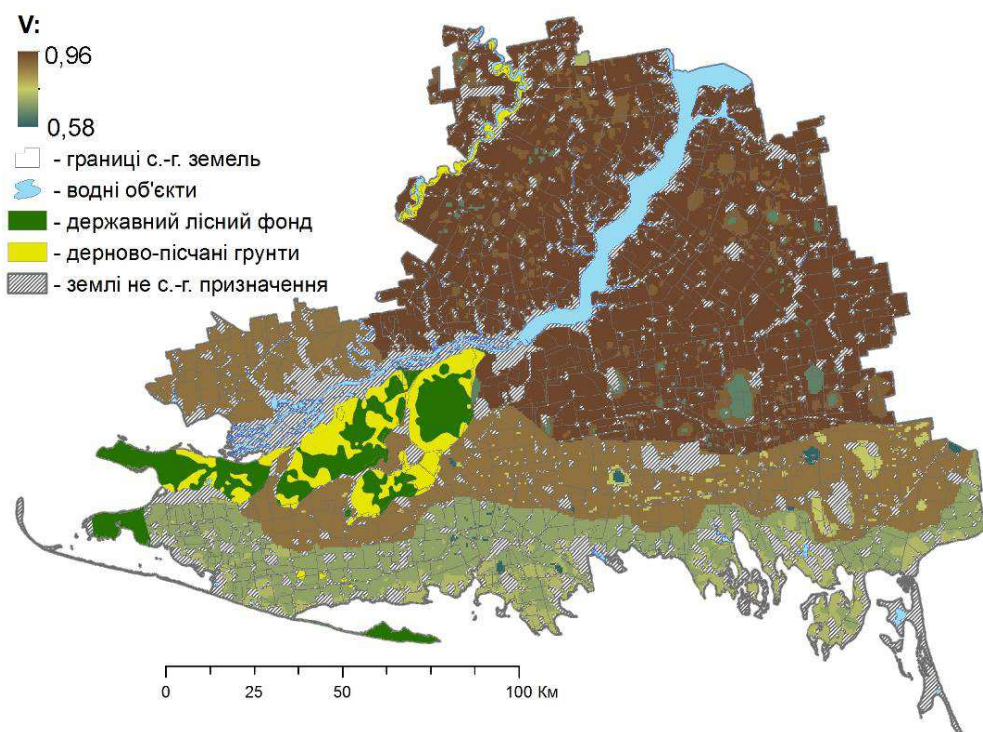


Рис. 3. Картограма розрахункових величин сумарного показника властивостей ґрунтів ( $V$ ) Херсонської області

В результаті розрахунків із використанням алгебри карт (растрового калькулятора) програмного продукту ArcGis визначено, що значення  $K_K$  варіює від 0,14 до 0,86 (рис. 4, д).

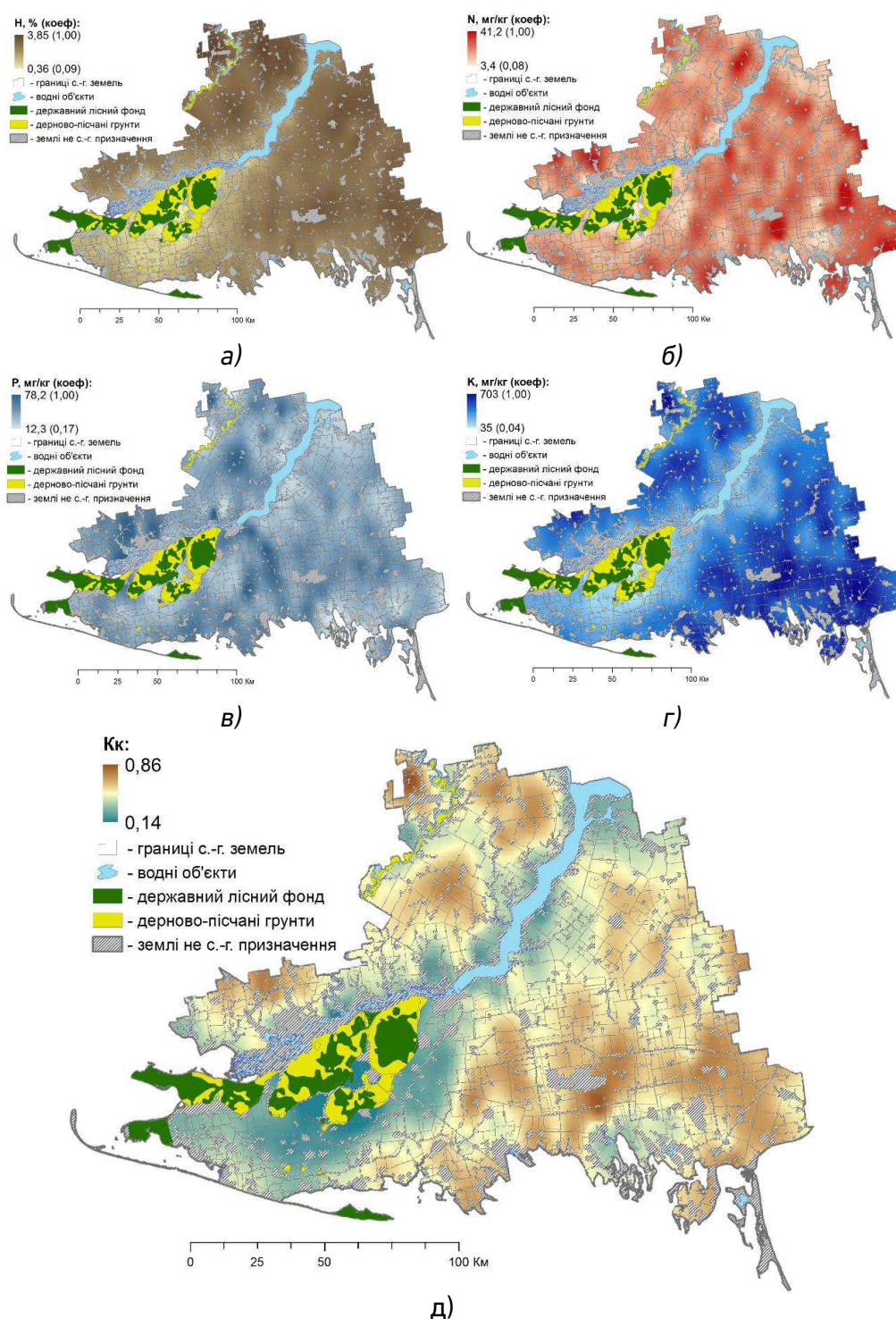


Рис. 4. Агрохімічний стан ґрунтів Херсонської області за даними Х-го туру обстежень (2008-2012 рр.): а) гумус; б) нітрифікаційний азот; в) рухомий фосфор; г) обмінний калій; д) комплексний коефіцієнт ( $K_k$ ) агрохімічного стану



Найбільш продуктивними за всіма показниками є сільськогосподарські землі розташовані на чорноземах звичайних в північній частині області і на чорноземах південних центрально-східної і західної частин. Найменш продуктивні сільськогосподарські землі для вирощування сільськогосподарських культур – землі, що розташовані в південно-західній частині області.

Розподіл площ за різним значенням  $K_k$  агрохімічних властивостей ґрунтів сільськогосподарських земель області представлено в таблиці 1. Встановлено, що найбільший відсоток ґрунтів мають значення  $K_k$  від 0,51 до 0,60 – 34,5%, а ґрунти із значенням  $K_k$  більше 0,50 займають близько 74% сільськогосподарських земель області.

Таблиця 1

Розподіл земель сільськогосподарського призначення за комплексним коефіцієнтом агрохімічних властивостей ґрунтів

Бонітет, бал	Розподіл с.-г. земель	
	тис. га	%
< 0,20	8,8	0,4
0,20-0,30	27,6	1,4
0,31-0,40	180,3	9,1
0,41-0,50	299,6	15,2
0,51-0,60	679,7	34,5
0,61-0,70	571,9	29,0
0,71-0,80	196,5	10,0
> 0,80	6,5	0,3
<b>Всього</b>	<b>1971,0</b>	<b>100</b>

В результаті просторового моделювання із використанням ґрунтово-кліматичної формули та Raster Calculator of ArcGIS 10.1 здійснено розрахунок балів бонітету для вирощування зернових культур на території Херсонської області (рис. 5). Розподіл площ із різним значенням балу бонітету ґрунтів для вирощування зернових культур за умов дощової культури землеробства представлено в таблиці 2.

Бал ґрунтово-кліматичного потенціалу для вирощування зернових культур на сільськогосподарських землях знаходиться в межах 5,5-34,2 бали. Одиниця балу прирівняна до одиниці потенційного урожаю зернових культур (ц/га). Найвищий потенціал області мають землі, що розташовані в центральній, центрально-східній та північно-західній частині області в зоні чорноземів південних та типових із балом бонітету 20,1-34,2 балів і займають близько 66% території сільськогосподарських земель, найнижчий ґрунтово-кліматичний потенціал має південна та південно-східна частини

Херсонської області (менше 20 балів) – близько 34% земель сільськогосподарського призначення.

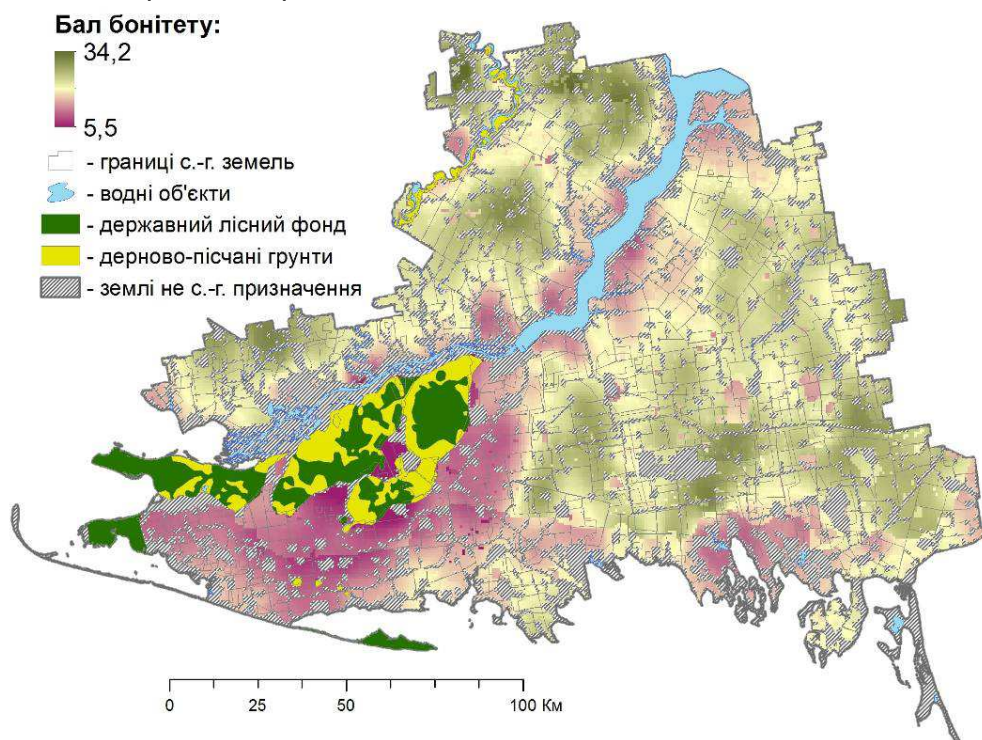


Рис. 5. Ґрунтово-кліматичний бонітет сільськогосподарських земель для вирощування зернових культур на території Херсонської області

Таблиця 2

Розподіл земель сільськогосподарського призначення за балом бонітету для вирощування зернових культур

Бонітет, бал	Розподіл с.-г. земель	
	тис. га	%
< 10,0	29,8	1,5
10,0-15,0	207,7	10,5
15,1-20,0	441,6	22,4
20,1-25,0	894,0	45,4
25,1-30,0	380,9	19,3
> 30,0	16,9	0,9
<b>Всього</b>	<b>1971,0</b>	<b>100</b>

**Висновки.** Вперше для території Херсонської області на основі методики бонітування зональних ґрунтів І.І. Карманова здійснено оцінку ґрунтово-кліматичного потенціалу сільськогосподарських земель залежно від кліматичних умов, цінності агрогруп для агрови-

бництва та за їхнім агрохімічним станом. Встановлено, що бал бонітету сільськогосподарських земель області для вирощування зернових культур без зрошення знаходиться в межах 5,5-34,2 бали. Найвищий потенціал області мають землі розташовані в центральній, центрально-східній та північно-західній частині області в зоні чорноземів південних та типових із балом бонітету 20,1-34,2 балів і займають близько 66% території сільськогосподарських земель. За допомогою представленого підходу можна розрахувати бали бонітету для будь-якого ґрунтового різновиду, їх агрохімічних властивостей, кліматичних умов та площі території, при цьому отримана шкала балів буде єдиною для зональних ґрунтів і забезпечить можливість визначення потенціалу агровиробництва країни. Це також дасть можливість обґрунтувати зональне коригування норм зрошень з метою підвищення урожайності, економії зрошувальної води та зниження деградації ґрунтів на зрошуваних територіях.

1. Пичура В. И. Пространственно-временное прогнозирование изменений параметров агрохимических показателей мелиорируемых почв с использованием ГИС и нейротехнологий / Пичура В. И. // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2012. – № 78. – С. 87–95. 2. Тюменцев Н. Ф. Сущность бонитировки на генетико-производственной основе / Тюменцев Н. Ф. – Новосибирск, 1975. – 140 с. 3. Медведев В. В. Бонитировка и качественная оценка пахотных земель Украины / Медведев В. В., Плиско И. В. – Харьков : Изд. «13 типография», 2006. – 386 с. 4. Storie R. E. Storie index soil rating // Division of agricultural sciences. – 1978. – № 3203. – Р. 1-4. 5. Карманов И. И. Плодородие почв СССР [Текст] / И. И. Карманов. – М. : Колос, 1980. – 224 с. 6. Lisetskii F. N., Pichura V. I. Assessment and forecast of soil formation under irrigation in the steppe zone of Ukraine // Russian Agricultural Sciences. – 2016. – № 2. – Р. 154–158. DOI: 10.3103/S 1068367416020075. 7. Pichura V. I. Basin approach to spatial-temporal modeling and neyroprediction of potassium content in dry steppe soils // Biogeosystem Technique. – 2015. – № 2 (4). – С. 172–184. DOI: 10.13187/bgt.2015.4.172. 8. Пічура В. І. Просторово-часова трансформація агрохімічного стану ґрунтів у зоні сухого степу / Пічура В. І., Безніцька Н. В. // Наукові доповіді НУБіП України. – 2017. – № 3 (67).  
Режим доступу:  
<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidy/article/view/8723>

Рецензент: д.е.н., професор Скрипчук П. М. (НУВГП)

---

**Beznitska N. V., Post-graduate Student, Assistant at the Department of HTC, water supply and GIS technologies (Kherson State Agrarian University)**

## **MODELING THE SOIL AND CLIMATIC POTENTIAL OF AGRICULTURAL LANDS IN THE KHERSON REGION WITH THE APPLICATION OF GIS TECHNOLOGIES**

**A comparative assessment of the quality of soils, their potential fertility and production efficiency is expressed in bonitation points. Bonitation quantitatively expresses the properties of the soil, its value for the growth and development of plants. The valuation results are used in the planning of economic activity in order to determine and use as effectively as possible the potential of the soil and reduce the anthropogenic load on it. Soil bonitation is a logical continuation of comprehensive land surveys and substantiation of their economic assessment. The article presents the results of modeling and bonitation of the soil and climatic potential of agricultural lands in the Kherson region with the application of zonal soils valuation techniques and GIS technologies. There has been created a spatial model of the valuation of the climatic potential of the region based on spatially distributed values of the sum of active temperatures above 10°C, humidity coefficient, and climate continentality index. The study determined the heterogeneity of spatial distribution of the complex factor of the agrochemical potential of agricultural lands of the region as to the content of humus, nitrification nitrogen, mobile phosphorus and exchangeable potassium. The quality index of agricultural lands fit for cultivating rainfed grain crops ranges between 5.5 and 34.2 points. A point unit is conventionally equated to a unit of the potential yield of cereals (c/ha). With the help of the presented approach it is possible to calculate bonitation points for any soil type, their agrochemical properties, climatic conditions and area; in this case, the obtained scale of points will be universal for zonal soils and will provide an opportunity to determine the potential of agricultural production in the country.**

**Keywords:** climate, soils, agrochemical properties, potential, bonitation, spatial modeling, GIS-technologies.

---

**Безницька Н. В., аспірант, асистент кафедри ГТС, водоснабження і ГИС-технологій (Херсонський державний аграрний університет)**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКОГО**



## ПОТЕНЦИАЛА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ХЕРСОНСКОЙ ОБЛАСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Проведена сравнительная оценка качества почв, их потенциально-го плодородия и эффективности производства, которая выражается в баллах бонитета. Бонитировка количественно выражает свойства почвы, ценность для роста и развития растений. Результаты бонитировки используют при планировании хозяйственной деятельности, чтобы определить и максимально эффективно использовать потенциал почвы и уменьшить антропогенную нагрузку на него. Бонитировка почв является логическим продолжением комплексных обследований земель и обоснование их экономической оценки. В статье представлены результаты моделирования и бонитировки почвенно-климатического потенциала сельскохозяйственных земель Херсонской области по применению методики бонитировки зональных почв и ГИС-технологий. Создана пространственная модель бонитета климатического потенциала области на основе пространственно-распределенных значений суммы активных температур выше  $10^{\circ}\text{C}$ , коэффициента увлажнения, показателю континентальности климата. Определены неоднородность пространственного распределения комплексного коэффициента агрохимического потенциала сельскохозяйственных земель области по содержанию гумуса, нитрификационного азота, подвижного фосфора и обменного калия. Балл бонитета сельскохозяйственных земель для выращивания зерновых культур без орошения находится в пределах 5,5-34,2 балла. Единица балла приравнена к единице потенциального урожая зерновых культур (ц/га). С помощью представленного подхода можно рассчитать баллы бонитета для любого почвенного разнородности, их агрохимических свойств, климатических условий и площади территории, при этом полученная шкала баллов будет единой для зональных почв и обеспечит возможность определения потенциала агропроизводства страны.

*Ключевые слова:* климат, почвы, агрохимические свойства, потенциал, бонитировка, пространственное моделирование, ГИС-технологии.

---